

## Asi Havzası'nda (Türkiye) Kuraklık Analizi

Mehmet Dikici<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 07450, Alanya, Antalya.  
ORCID: [0000-0001-5955-3425](https://orcid.org/0000-0001-5955-3425)

### Özet

*İklim değişikliği, günümüz bilim dünyasının gelecek için en tedirgin olduğu araştırma konularının başında gelir. Bu sebeple oluşan, kuraklık ve taşkın risklerinin giderek artması, devamında yapılan detaylı araştırmalar, son yıllarda su yönetimi konusunda bütüncül bir anlayışın benimsenmesini sağlamıştır. Artan kuraklık riskinin yönetilmesi ve sürdürülebilir bir planlamanın yapılması için öncelikle kuraklığın eğilimi bilinmelidir. Kuraklık yavaş başlayan ve ilerleyen hidrolojik bir olay olması dolayısıyla, izlenmesi ve analizi büyük bir önem taşımaktadır. Birçok testin yanında Mann-Kendall testi en yaygın ve muteber trend analizi testlerinden biridir. Bu çalışmada, yaklaşık 7800 km<sup>2</sup> alana sahip, Asi havzası için bir kuraklık eğilimi olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla 1970-2016 yılları arası meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik veriler ele alınmıştır. Yağış, akış, buharlaşma, sıcaklık ve yeraltı suyu verilerinin yıllara göre nasıl bir eğilim gösterdiği detaylı olarak incelenmiş, kuraklık riski Asi havzası için araştırılmıştır. Öncelikle havzada bulunan meteoroloji ve akım gözlem istasyonlarından uygun olanları belirlenmiş ve eksik veriler literatüre uygun yöntemler ile tamamlanmıştır. Bu analizlerin sonucunda Asi havzası genelinde yıllık toplam yağışlarda %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da bir artış eğilimi olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklıklarda ise, hem alt havza hem havza bazlı bariz bir artış eğilimi görülmüştür.*

### Anahtar Sözcükler

Havza, Kuraklık, Eğilim Analizi, Mann-Kendall, Kuraklık Yönetimi

## Drought Analysis in the Asi Basin (Turkey)

### Abstract

*Climate change is leading one of the main research topic that today's science world is worried about the future. Increased risks of droughts and floods, resulting from this, have led to the adoption of a holistic understanding of water management in recent years. The tendency of drought should be known in order to manage the increased drought risk and to make a sustainable plan. Drought is a hydrological event that begins and progresses slowly, so monitoring and analysis are of great importance. In addition to many tests, the Mann-Kendall test is one of the most common and respected trend analysis tests. In this study, it was investigated whether there is a drought tendency for the Asi basin, which has an area of about 7800 km<sup>2</sup>. For this purpose, meteorological, hydrological and hydrogeological data between 1970 and 2016 were considered. The tendency of precipitation, flow, evaporation, temperature and groundwater data for years has been studied in detail and the risk of drought has been investigated for the Asi basin. First of all, meteorology and flow observation stations in the basin were determined to be suitable ones and the missing data were completed by methods appropriate to the literature. As a result of these analyzes, the Asi basin was found to have an upward trend, though not statistically significant, at 95% confidence level in annual total precipitation. On average annual temperatures, there was a clear upward trend for both sub-basins and watersheds.*

### Keywords

Basin, Drought, Trend Analysis, Mann-Kendall, Drought Management

### 1.Giriş

Geçen 30 yılın her 10 yılı, yeryüzünde 1850'den beri kaydedilen küresel sıcaklık verileri için hesaplanan tüm on yıllık dönemlerden ardışık bir biçimde daha sıcak olmuştur (IPCC 2015). 2017'de, Türkiye'de ortalama sıcaklık 1970'e göre 1,5 derece artarak 14.2 dereceye yükselmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, "Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1998 yılından bu yana (2011 yılı hariç) süreklilik arz eden bir artış" olduğunu ifade etmektedir. Öte yandan, yine Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2017'de, Türkiye yıllık alansal ortalama toplam yağışı 506.6 mm ile 1981-2010 normalinin (574 mm) % 12 altında gerçekleşmiştir (MGM 2018). Bu veriler, Türkiye'de sıcaklıkların artarken, yağışların azalmakta olduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Çeşitli nedenlerden kaynaklanan küresel ısınma dolayısıyla iklim değişikliği en başta su kaynaklarının yakın gelecekte çok daha stratejik bir konuma sahip olacağını göstermektedir.

Günümüzde iklim değişikliğinin olumsuz olarak etkilediği su kaynaklarının planlaması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmaları kapsamında kuraklığın beklenen etkilerinin hafifletilmesi konusu oldukça önem kazanmıştır. Artan kuraklık riskinin yönetilmesi ve bu riske uyum sağlanması; ancak bütüncül yaklaşımları benimseyen sürdürülebilir ve etkili kuraklık risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ile mümkün olur. Kuraklık yönetimi afet yönetiminin bir parçasıdır (Wilhite 2000).

Kuraklık risk yönetimi; korunma, zarar azaltma ve hazırlıklı olma amaçlı faaliyetler ve önlemler yoluyla kuraklık tehlikesinin olumsuz sonuçlarını ve potansiyel afet etkilerini engelleme, azaltma kavramı ve çalışmasıdır (UNDP 2016). Kuraklık risk yönetimi, su kaynakları yönetimi politikalarının ve stratejilerinin önemli bir parçasını oluşturur. Ulusal kuraklık politikaları kuraklık riskinin yönetilmesinde büyük bir role sahiptir (Wilhite vd. 2014). Ulusal düzeyde bir planlama, tarım, sanayi ve hatta kültürel politikaların hesaba katıldığı bir bütüncül yaklaşımı gerektirir. Kuraklıktan kaynaklanan etkilerin azaltılabilmesi için; ülke mevzuatına dayalı olarak ve havzanın kendine özgü kuraklık özellikleri ve etkileri dikkate alınarak kuraklık yönetimi planlarının hazırlanması gereklidir (EC 2007). Bu planların bütünlük oluşturabilmesi amacıyla havza yönetim planının bir parçası olarak hazırlanması oldukça önemlidir. Ayrıca planların oluşturulması aşamasında tüm paydaşların, etkilenen sektörlerin, karar vericilerin ve uzmanların katılımı kuraklık yönetim planlarının başarısına büyük katkı sağlamaktadır.

Kuraklık yönetimi planının unsurları arasında nehir havzasının özelliklerinin bilinmesi, havzada yaşanmış tarihsel kuraklık olaylarının incelenmesi, meydana gelebilecek riskin değerlendirilmesi, kuraklık analizinin yapılabilmesi için indikatörler ve eşik değerlerinin belirlenmesi, kuraklığın etkilerinin azaltılmasına yönelik önlem programının oluşturulması, erken uyarı sisteminin ve organizasyon yapısının kurulması yer almaktadır (GWP 2015). Kuraklık risk yönetimi tehlike, maruziyet, etki değerlendirmesi ve etkilenebilirlik, kuraklık izleme ve tahmin içeren erken uyarı sistemi, hazırlıklı olma ve zarar azaltılması aşamalarını kapsamaktadır (Wilhite 2000). Kuraklık yönetim planlarının en önemli unsurlarından biri olan erken uyarı sistemleri, kuraklık izleme ve kuraklık tahmini olmak üzere iki hedef çerçevesinde kullanılmaktadır. Kuraklık erken uyarı sistemleri tipik olarak iklim, hidrolojik özellikler, su temini koşulları ve eğilimleri ile ilgili bilgileri izlemek, değerlendirmek ve sunmayı hedeflemektedir. Buradaki amaç, potansiyel etkileri azaltmak için bir kuraklık risk yönetimi planı dâhilinde harekete geçmek için kuraklığın başlangıcından önce veya esnasında erken bir zamana da bilgi sağlamaktır (WMO 2016). Kuraklık yavaş başlayan ve ilerleyen hidrolojik bir olay olması dolayısıyla izlenmesi ve analizi büyük bir önem taşımaktadır. Turan (2018), Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumunu incelemiş ve özellikle güney bölgesinde yağışların azalacağı, sıcaklığın artacağı ve kuraklığın etkisini artıracığını değerlendirmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin güneyinde yer alan Asi havzası için bir kuraklık eğilimi olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik veriler 1970-2016 yılları arası için esas alınmıştır. Eksik veriler enterpolasyon ile tamamlanmış, çalışma kapsamında verilerdeki eğilimin tespiti için dünyada yaygın olarak bilinen Mann-Kendall testi (Mann 1945; Kendall 1975) kullanılmıştır. Kendall'ın tau istatistiği olarak da bilinen bu test hidro-meteorolojik zaman serilerinin trendlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir metottur (Zhang vd. 2001; Yue vd. 2002).

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Asi havzası kuraklık analizi kapsamında kullanılan veriler

Bu çalışmada ele alınan Asi havzası (Şekil 1) kuraklık analizi, çeşitli araştırmacılar tarafından değişik indeksler için incelenmiştir. Gümüş (2017), Özdemir ve Erkuş (2017); AKİ (Akım kuraklık indeksi)'ye göre, Akbaş (2014) ise Palmer kuraklık indeksine göre kuraklık analizi yapmışlardır. Asi Havzası, Türkiye'nin 25 havzasından biridir. Hatay, Kilis, Gaziantep, Adana ve Osmaniye illerinin tamamını ve/veya bir kısmını kapsamaktadır.

Asi Havzası kuraklık analizi çalışması kapsamında kullanılacak meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik veriler için veri boşluk analizi yapılarak veri varlığı değerlendirilmiş, en uzun ve uygun ortak, periyot meteorolojik verilerin analizinde 1970-2016, hidrolojik ve hidrojeolojik verilerin analizinde ise 1970-2015 yılları olarak ele alınmıştır. Bu periyotlar dikkate alınarak çalışmada kullanılan tüm parametrelerin eksik yılları PRISM (Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model-Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli) metodu ile enterpolasyon yapılarak tamamlanmış ve kesintisiz zaman serileri elde edilerek kuraklık analizi çalışması gerçekleştirilmiştir.

#### 2.1.1. Meteorolojik veriler

Asi Havzası ve çevresinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından çok sayıda meteoroloji gözlem istasyonu (MGİ) kurulmuştur. Bu istasyonlardan bazıları uzun yıllar, bazıları kısa süreli ve bazıları da kesikli gözlem verilerine sahiptir. Günümüzde birçok istasyon kapalı durumdadır. Yapılan çalışmada öncelikle mevcut açık ve kapalı istasyonlar havzayı temsil etme özellikleri ve veri uzunlukları itibarıyla değerlendirmeye tabi tutulmuş ve kuraklık analizi çalışması kapsamında kullanılacak meteoroloji gözlem istasyonları belirlenmiştir.



Şekil 1: Asi havzası (SYGM2018)

Genellikle meteoroloji istasyonları hem mekânsal olarak hem de gözlemlerin başlama tarihi açısından havzada düzensiz bir şekilde bulunduğundan model amaçlı iklim araştırmalarında bu istasyonlardan sağlanan gözlem verilerinin doğrudan kullanımı çeşitli sorunlara yol açar. Bu nedenle meteorolojik gözlem verilerinin ölçüldüğü istasyonlardan, bunların grid noktalarına taşınması sağlanır. Bu gerekli ve önemli bir işlemdir. Böylece gridlenmiş veri setleri gözlem istasyonlarından uzak bölgelerde dahi iklim değişkenlerinin iyi şekilde belirlenmesine imkân verir (van den Besselaar vd. 2011). Gözlem verilerinin grid noktalarına taşınmasında uygulanan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Gözlem verilerinin enterpolasyonunda kullanılan bölgenin karmaşık yapısını dikkate alan PRISM modeli iyi bir örnektir (Daly vd. 2008). PRISM (Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli) yaklaşımı kullanılarak yapılan işlemde, hedef grid hücresine entepole edilecek istasyonları doğru bir şekilde belirlemek oldukça önemlidir. Bu suretle istasyonlar birbirlerinden uzaklığına, yüksekliğine, bakılarına, denize olan mesafesine ve topoğrafik özelliklerine dayalı olarak belirlenmiş olurlar (Daly vd. 2002). Hidrometeorolojik verilerin analizinde serinin uzunluğu ve kesintisiz olması yapılan çalışma neticesinde ulaşılabacak sonuçların hassasiyeti ve güvenilirliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu doğrultuda kuraklık analizi kapsamında kullanılmak amacıyla belirlenen meteoroloji istasyonları içinde eksik olan yıllara ait yağış ve sıcaklık verileri 1970-2016 periyodu dikkate alınarak yükseklik, bakı ve deniz etkisinin de hesaba katıldığı PRISM yaklaşımı ile tamamlanmıştır.

**Meteorolojik gözlem istasyonları:** Asi Havzası kuraklık analizi çalışması kapsamında havza sınırları içinde kalan 11 adet MGİ'den elde edilen verilerden faydalanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Kuraklık analizinde kullanılan asi havzası içindeki MGİ'ler

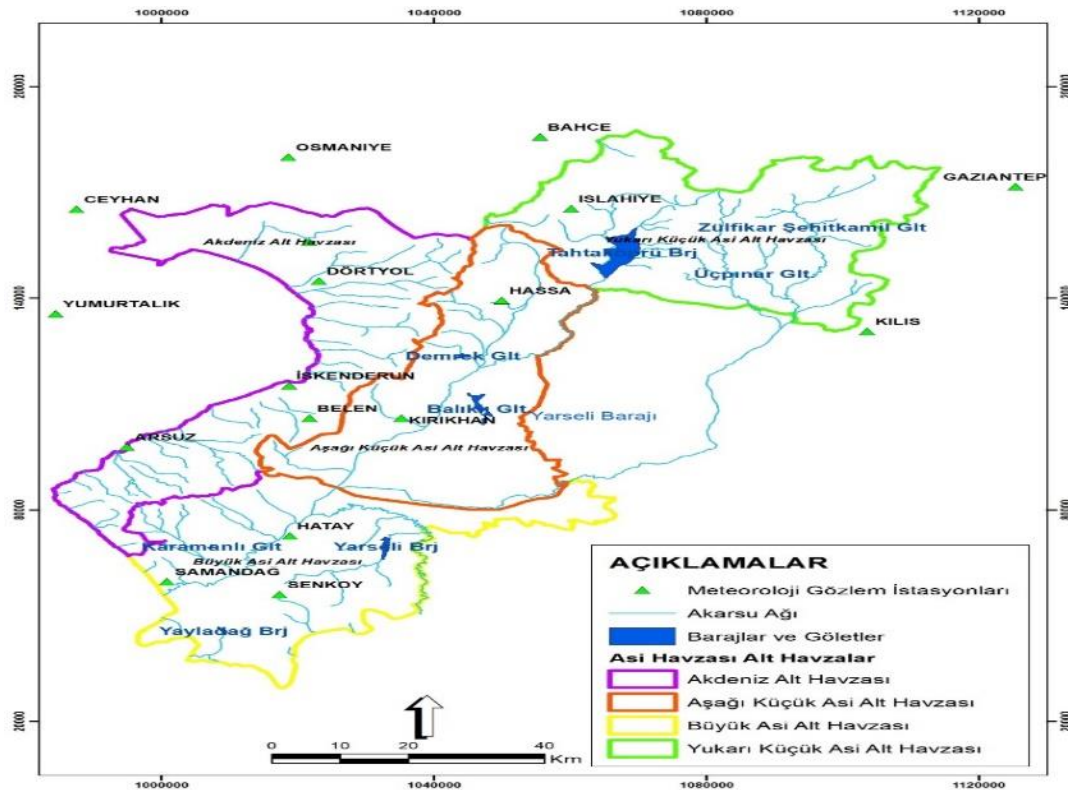
	İstasyon No	Adı	İli	Enlem	Boylam	Rakım	Durumu
1	17372	Antakya	Hatay	36° 12'	36° 10'	100	Açık
2	17962	Dörtyol	Hatay	36° 51'	36° 13'	28	Açık
3	17370	İskenderun	Hatay	36° 35'	36° 10'	4	Açık
4	17964	İslahiye	Gaziantep	37° 02'	36° 38'	518	Açık
5	8822	Kırıkhan	Hatay	36° 30'	36° 21'	190	Açık
6	17986	Samandağ	Hatay	36° 05'	35° 58'	4	Açık
7	8860	Arsuz	Hatay	36° 25'	35° 53'	10	Kapalı
8	8820	Belen	Hatay	36° 30'	36° 12'	700	Kapalı
9	8541	Hassa	Hatay	36° 48'	36° 31'	460	Kapalı
10	8982	Şenköy	Hatay	36° 03'	36° 09'	550	Kapalı
11	8414	Erzin-Yeşilkent	Hatay	36° 57'	36° 12'	122	Kapalı

Ayrıca havza sınırlarına yakın olan komşu havzalardaki 6 adet MGİ verisi de alansal analizlere olan etkileri göz önünde bulundurularak kuraklık analizlerinde kullanılmıştır (Tablo 2).

*Tablo 2: Kuraklık analizinde kullanılan asi havzası çevresindeki MGI'ler*

	İstasyon No	Adı	İli	Enlem	Boylam	Rakım	Durumu
1	17261	Gaziantep	Gaziantep	37° 05'	37° 22'	855	Açık
2	17262	Kilis	Kilis	36° 43'	37° 07'	638	Açık
3	7946	Bahçe	Osmaniye	37° 13'	36° 35'	665	Açık
4	17960	Ceyhan	Adana	37° 02'	35° 49'	30	Açık
5	17355	Osmaniye	Osmaniye	37° 10'	36° 10'	120	Açık
6	17979	Yumurtalık	Adana	36° 46'	35° 47'	27	Açık

Havza içi ve yakın çevresinde kuraklık analizlerinde kullanılan MGM istasyonlarının yerleri Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından hazırlanan harita üzerinde verilmiştir (Şekil 2).

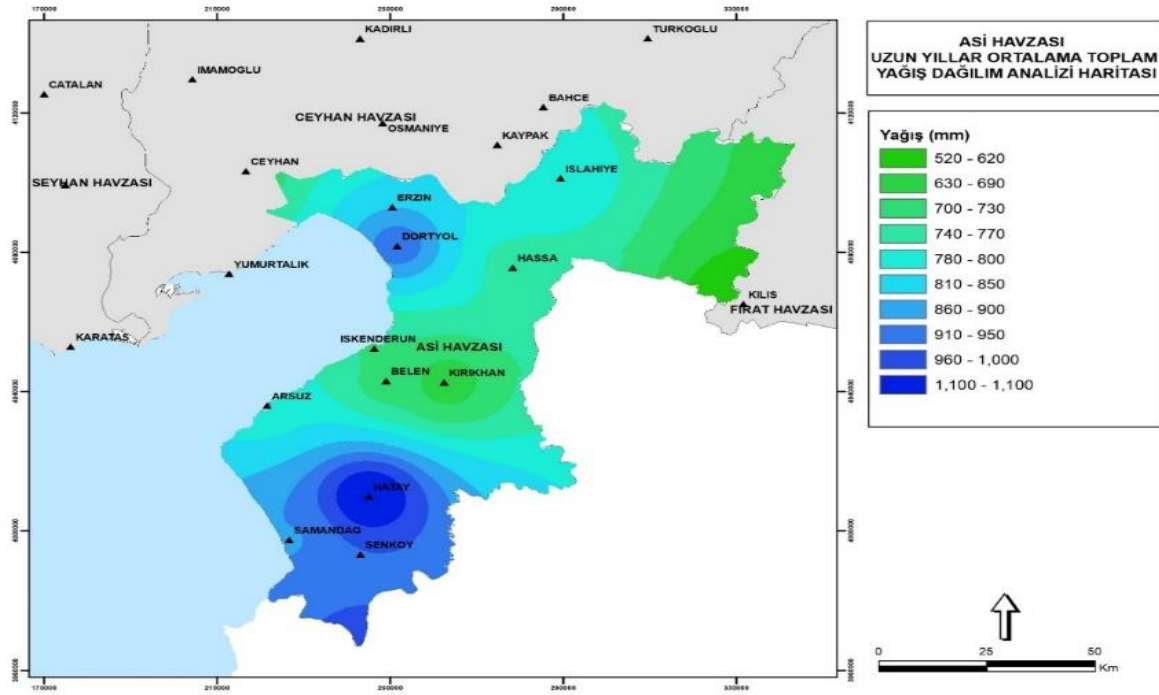


Şekil 2: Asi havzası ve çevresindeki MGI'ler (SYGM 2018)

**Yağış:** Asi Havzası içinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait yağış verileri incelenmiş ve Şekil 1 ile havzadaki istasyonlara ait yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı verilmiştir. MGI verileri için PRISM yöntemiyle boşluklar doldurulup ArcGIS programı yardımı ile alansallaştırma yapılmıştır. Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen haritaların oluşturulmasında 6 adet yakın komşu havzaların verilerinden de yararlanılmıştır.

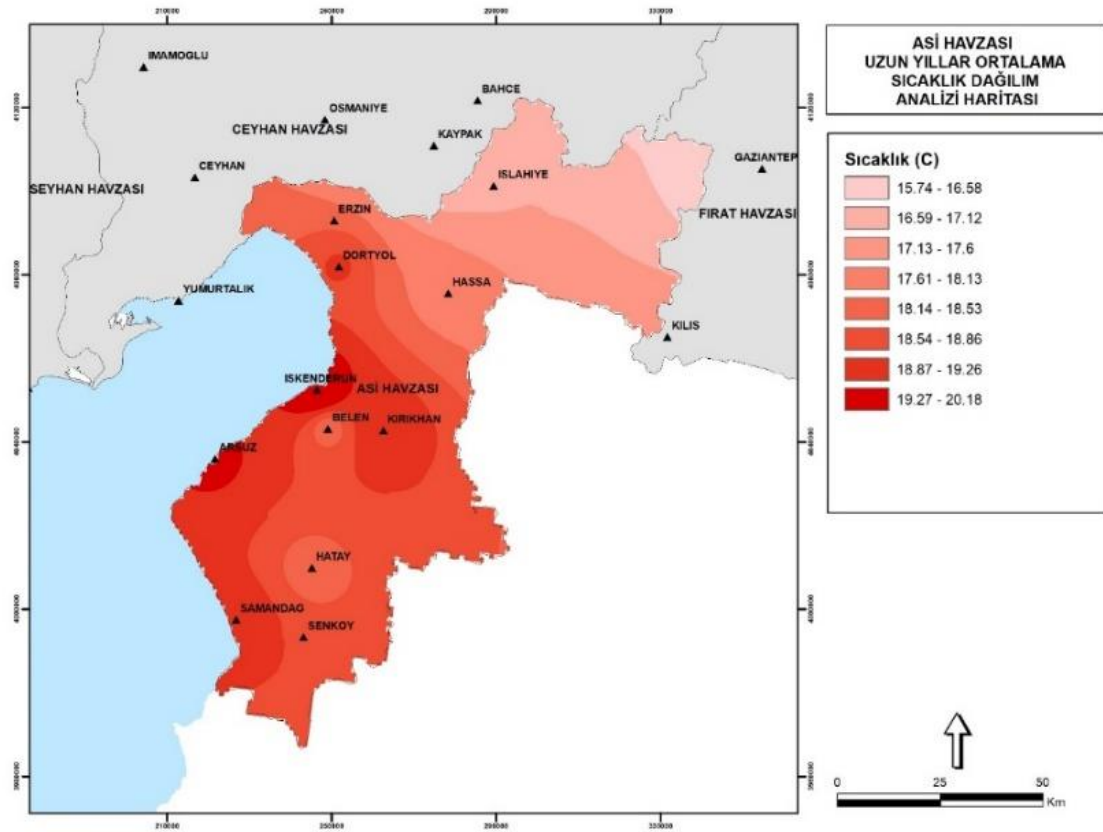
Asi Havzası'nda aylık toplam yağışların ortalamalarına bakıldığında kış ve bahar ayları yağışlı, yaz ayları ise kurak aylardır. En kurak ay Temmuz (8.6 mm) iken en yağışlı ay Aralık ayıdır (129.6 mm). İstasyonların yıllık toplam yağışlarının ortalamasına bakıldığında 1096.9 mm ortalama ile en yüksek yağış Hatay istasyonunda, en düşük yağış 646.0 mm ile Kırıkhan istasyonunda görülmüştür. Havzadaki istasyonların uzun dönem yıllık toplam yağış ortalaması 836.9 mm'dir.



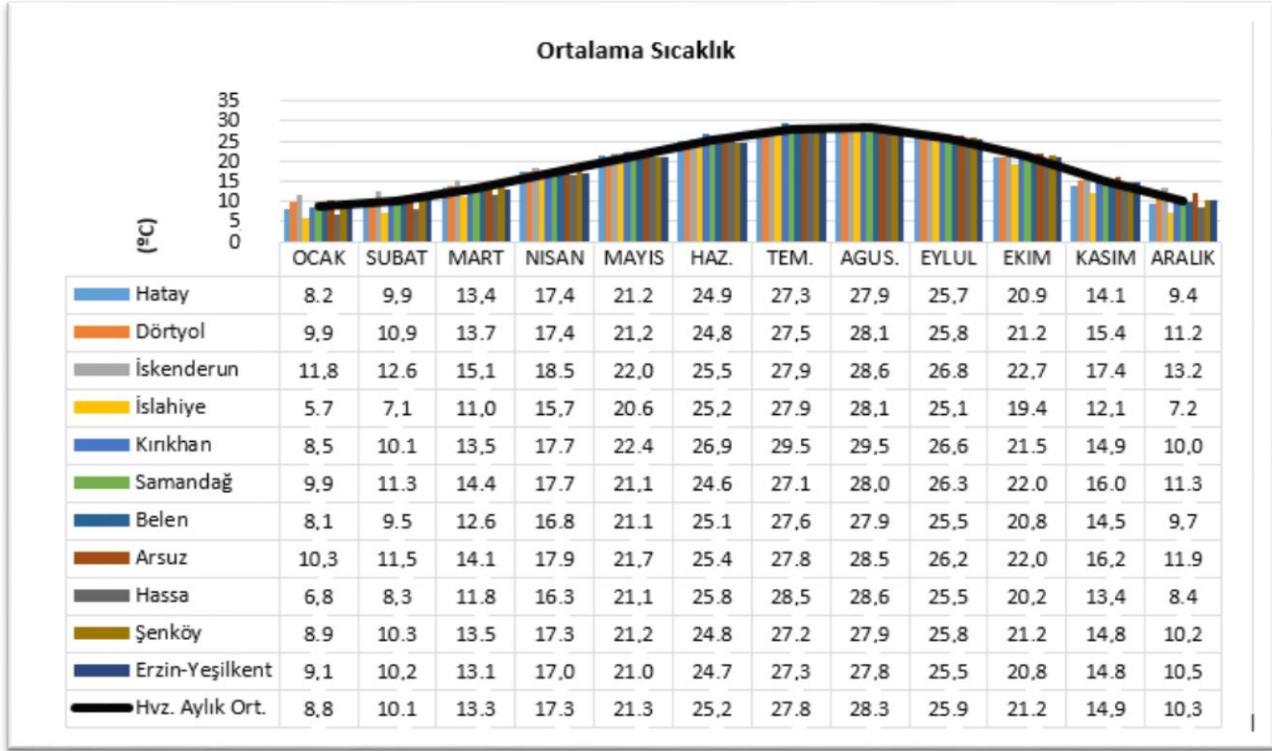


Şekil 3: Asi havzası yağış dağılım haritası

**Sıcaklık:** Asi Havzası içinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık verileri incelenmiş ve Şekil 3 ile havzadaki istasyonlara ait yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı verilmiştir. Havzadaki istasyonlara ait aylık ortalama sıcaklık verilerine ait grafik de Şekil 3 ile verilmiştir.



Şekil 4: Asi havzası sıcaklık dağılım haritası



Şekil 5: Asi havzası MGI'leri aylık ortalama sıcaklıkları

Sıcaklık değişkeni birçok meteorolojik parametre gibi irtifa ve karasallık değişimlerine hassastır. Deniz seviyesindeki istasyonlar dağlık alanlardakilere göre daha yüksek sıcaklıklar kaydetmiştir. Bakı da sıcaklık değerlerini belirleyen bir diğer önemli unsurdur. Güneye bakan alanlardaki istasyonların kuzeye bakanlara göre daha sıcak olduğu görülür. Havzanın ortalama aylık sıcaklıklarına bakıldığında en yüksek değer ağustos ayında (28.3 °C), en düşük değer ise ocak ayında (8.8 °C) görülmüştür. Asi Havzası'nda İskenderun istasyonu (20.2 °C) en yüksek yıllık sıcaklık ortalamasına sahiptir. İslahiye (17.1 °C) ise en düşük ortalama sıcaklığa sahiptir. Havzanın yıllık sıcaklık ortalaması 18.7 °C'dir.

**Açık yüzey buharlaşması:** Asi Havzası içinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait açık yüzey buharlaşması verileri incelenmiş ve havzadaki istasyonlara ait buharlaşmaların alansal dağılımı verilmiştir. Havzanın ortalama aylık buharlaşmalarına bakıldığında en yüksek değer temmuz ayında (234 mm), en düşük değer ise ocak ayında (35.1 mm) görülmüştür. Asi Havzası'nda açık yüzey buharlaşma ölçümü yapılan meteoroloji istasyonlarına ait yıllık toplam buharlaşma değerlerinin uzun yıllar ortalamalarına bakıldığında en yüksek değer İslahiye istasyonunda (1694.8 mm), en düşük değer ise Dörttyol (1075.6 mm) istasyonunda gözlenmiştir. Havza genelinde yıllık toplam buharlaşma değerlerinin ortalaması 1488.6 mm'dir.

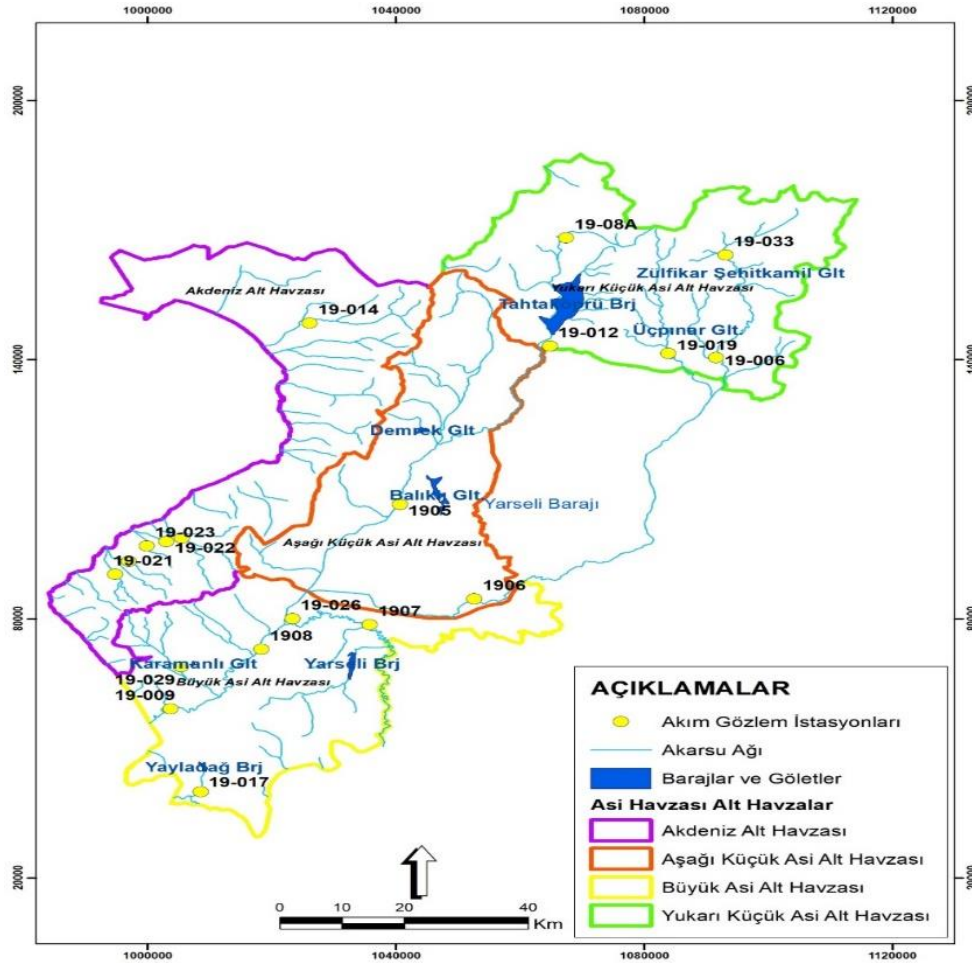
### 2.1.2. Hidrolojik veriler

Kuraklık analizi kapsamında kuraklık koşullarının akımlar üzerindeki etkisinin ne olduğunun anlaşılabilmesi için akımların müdahalesiz (tüketim, depolama, buharlaşma vb. durumların dikkate alındığı akımlar) halde olmaları önem taşımaktadır. Aksi durumda akımlardaki azalışın insan etkisinden mi kuraklık etkisinden mi olduğu belirsizlik içerir. Bu doğrultuda müdahalesiz (doğal) akımların elde edilmesi amacıyla yapılan hesaplamalarda; elde edilebilen tüm tüketim verileri, derine edilen sular ve rezervuarların depolamasındaki değişim değerleri mansabında bulunan akım gözlem istasyonlarına (AGİ) ait akım değerlerine ilave edilerek ve dönen sular düşülerek AGİ akımları doğal hale getirilmiştir. Doğal akımları bulunmuş istasyonların eksik verileri regresyon analizi yöntemi ile tamamlanarak 1970-2015 periyodu için kesintisiz zaman serisi elde edilmiştir.

**Akım gözlem istasyonları:** Akım gözlem istasyonlarından elde edilen maksimum minimum ve ortalama akım değerlerinin (istasyonların yağış alanı ve kotlarının da) gösterildiği veriler Tablo 3'de verilmiştir. Asi Havzası içinde kuraklık analizlerinde kullanılan AGİ'ler ise Şekil 6'da gösterilmiştir.

Tablo 3: Kuraklık analizinde kullanılan Asi Havzası akım istasyonları

İstasyon No	Akarsu Adı	Kot (m)	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Maximum akım	Minimum akım	Ortalama akım
E19A005	Karasu	84	1.768,0	27.23	2.20	10.26
E19A006	Afrin Deresi	98	2.764,4	0.43	26.81	12.92
E19A007	Asi Nehri	85	16.170,0	66.68	7.09	31.75
E19A008	Asi Nehri	71	22.624,4	154.07	12.66	74.39
D19A006	Afrin S.	400	601.0	11.54	0.30	4.80
D19A008	Emen A.K.-Örtülü	464	1.000,0	1.38	0.28	1.11
D19A009	Asi Nehri	11	23.205,0	167.28	18.78	94.11
D19A012	Tahtaköprü Brj.	455	501.0	8.21	0.99	4.22
D19A014	Deliçay	200	161,5	7.40	1.84	6.20
D19A016	Gönen Çayı	240	94,0	2.25	0.27	1.06
D19A017	Kureyşi D.	380	67,3	8.04	0.57	1.19
D19A019	Sabun Suyu	440	276,0	5.13	0.25	3.48
D19A020	Hüyük Dere	80	35,0	3.57	0.28	0.80
D19A021	Avcılar Suyu	100	27,0	2.31	0.26	0.58
D19A022	Beyköy Suyu	100	23,0	0.91	0.11	0.20
D19A023	H.Ahmetli Dere	80	43,0	2.27	0.31	0.81
D19A026	Küçük Asi N.	75	6.244,4	59.32	4.42	18.70
D19A029	Büyük Karaçay	139	107,8	2.35	0.35	1.15



Şekil 6: Asi havzası AGİ'leri (SYGM 2018)

**Yeraltı suyu rasat kuyuları:** Yer altı suyu zaman serisi hesaplamaları için havzada uygun veri bulunan kuyular belirlenmiş olup, Asi Havzasında toplam 6 adet rasat kuyusu kullanılmıştır. Bu rasat kuyularının seçiminde güncel tarihlere ait verilere sahip olması ve ölçüm periyotlarının uzun olmasına dikkat edilmiştir. Bazı kuyular yıllar içinde büyük salınımlar yapmış, bazı kuyular çekimlere bağlı olarak azalan trende girmiş kimisi ise kuyulardan nispeten az etkilenmiş ve artış trendine girmiştir. Dolayısı ile bu analiz sonucu oluşan trend, kuraklık sonucu oluşan düşümlerle birlikte bölgedeki yeraltı suyu çekimlerinin baskın gelmesinden kaynaklanmaktadır diyebiliriz.

Asi Havzası yeraltı suyu eğilim analizleri değerlendirmesinde, havzada bulunan ve DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) tarafından yeraltı suyu seviye ölçümü yapılan rasat kuyuları bulunmaktadır. Bu kuyuların rasat türlerine göre ölçüm sıklıkları değişmektedir. Asi Havzasında özellikle aylık yeraltı suyu ölçümü yapılan kuyular bulunmaktadır. Asi Havzasında hidrojeolojik, jeolojik ve morfolojik olarak birbirinden farklı ovalar ve alt havzalar bulunmaktadır. Hepsini ayrı ayrı değerlendirmek ve anlamak gerekmektedir.

Asi Havzası içinde Dörtöyl-Erzin, Arsuz, Kırıkhan-Hassa, Islahiye ve Reyhanlı bölgeleri olarak ayrı ayrı o bölgelerin yeraltı suyu durumunu karakterize edecek rasat kuyuları seçilmiş ve bu kuyuların özellikle güncel ve ölçüm yıllarının ortak seçilmesine dikkat edilmiştir (Tablo 4). Bu rasat kuyularının temin edilmesi aşamasında, Kahramanmaraş DSİ Bölge ve Adana DSİ Bölge sınırlarına giren kuyuların DSİ tarafından temini sağlanarak çalışma kapsamında uygun olan rasat kuyuları seçilmiştir.

Tablo 4: Kuraklık analizinde kullanılan Asi Havzası rasat kuyuları

Kuyu No	Kuyu Yeri/Alt Havzası	Kuyu Zemin Kotu (m)	Kuyu Derinliği (m)	Akifer Birim	Ölçüm Periyodu
5512	Dörtöyl-Erzin	44	200	Alüvyon	Aylık
10436	Dörtöyl-Erzin	25	120	Alüvyon	Aylık
5968	Arsuz	20	150	Alüvyon	Aylık
474	Kırıkhan-Hassa	90	151	Bazalt-Alüvyon	Aylık
41846/B	Islahiye	456	120	Konglomera	Aylık
15768	Refahiye	98	50	Kireçtaşı	Aylık

### 2.1.3. Tarihi kuraklık kayıtları

Asi Havzasında geçmişte yaşanan kuraklığın ve etkilerinin tespiti açısından sadece ölçümlerin değerlendirilmesi ile değil havza genelinde yapılmış bilimsel çalışmaların ve yayınların arşivlerdeki kuraklığa ilişkin belgelerin ve dendrokronolojik kayıtların incelenmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirme kapsamında elde edilen bulgular sonuçlar bölümünde özetle verilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Kuraklık eğilim analizleri

Bir büyüklüğün zaman boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma ya da artma bulunup bulunmadığı istatistik testlerle araştırılabilir. Hidrolojik büyüklükler (yağış, akış) zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir (Helsel ve Hirsch 1992). Bu çalışma kapsamında meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik verilerdeki eğilimin tespiti için yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Genellikle Kendall  $\tau$  istatistiği olarak da bilinen Mann-Kendall testi (Mann 1945; Kendall 1975), verilerin eğiliminin rastgele olup olmadığının belirlenmesi için hidroloji ve klimatolojide yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir testtir ve verilerin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile zaman serisinde eğilim olup olmadığı, “ $H_0$ : Geçen zaman içinde verilerde artış ya da azalış yönünde bir eğilim yok” şeklinde kurulan sıfır hipotezi ile kontrol edilmektedir (Bayazit 1996).

Testin uygulanacağı zaman serisi  $(x_1, \dots, x_n)$   $x_i$  ve  $x_j$  çiftleri olarak iki gruba ayrılır.  $i < j$  için  $x_i < x_j$  olan çiftlerin sayısı  $P$  ve  $x_i > x_j$  olan çiftlerin sayısı  $M$  ile gösterilirse Test istatistiği  $S = P - M$  şeklinde tanımlanır. Test istatistiği  $S$ , ortalama sıfırken ve varyans Denklem (3) vasıtasıyla hesaplanmışken Denklem (1) ve (2) kullanılır (Partial ve Kahya 2006).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n-1} \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$



$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{eger } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{eger } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{eger } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Var}(S) = \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5) \right] / 18 \quad (3)$$

Burada t eşit olan gözlemlerin sayısını göstermektedir. Örnek büyüklüğü  $n > 10$  olan bu çalışmada standart normal dağılım z değeri, Denklem (4) kullanılarak hesaplanmıştır.  $H_0$  hipotezi,  $\alpha$  anlam seviyesinde eğer  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  ise kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde eğilim olmadığını, büyükse eğilim olduğunu göstermektedir. S göstergesinin pozitif değeri yukarı (artan) eğilimi, aynı şekilde S göstergesinin negatif değeri aşağı (azalan) eğilimi gösterir (Partal ve Kahya 2006).

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eger } S > 0 \\ 0 & \text{eger } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{eger } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Tahminin anlamlılık düzeyini kullanarak bir parametre için belirlenen aralığa güven aralığı denir. En çok kullanılan güven aralıkları %90, %95 ve %99'dur. Bu çalışmada %95 güven aralığı kullanılmıştır. Buna göre  $\alpha = 0.05$  anlamlılık düzeyinde z değerleri  $-1.96 \leq z \leq 1.96$  şeklinde belirlenmiş olduğundan anlamlı bir eğilim yoksa "0", artan bir eğilim varsa "+", azalan bir eğilim varsa "-" ile gösterilmiştir. Asi Havzasında elde edilen meteorolojik kayıtların (yağış, sıcaklık, buharlaşma), hidrolojik ve hidrojeolojik kayıtların (Akım verileri, YAS seviyeleri) zaman içerisinde nasıl bir eğilim gösterdiğinin tespit edilmesi için trend analizleri yapılmıştır.

### 3.1.1. Meteorolojik eğilim analizleri

Meteorolojik eğilim analizleri MGI'lerde 1970–2016 yıllarında gözlenen yıllık toplam yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam açık yüzey buharlaşma verileri için gerçekleştirilmiştir.

**Yağış eğilimleri:** Asi Havzasındaki MGI'lerin yıllık toplam yağışları için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Asi Havzası yıllık toplam yağışları için istasyon bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo 5 üzerinde özetlenmiştir.

Tablo 5: Asi havzası istasyon bazlı yıllık toplam yağışların eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	İstasyon Adı	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde z Değeri	$-1,96 < z < 1,96$	Eğilim
17372	Antakya	1,064	0	Trend Yok
17962	Dört Yol	1,192	0	Trend Yok
17370	İskenderun	2,604	+	Artan
17964	İslahiye	-0,293	0	Trend Yok
8822	Kırıkhan	2,806	+	Artan
17986	Samandağ	1,266	0	Trend Yok
8860	Arsuz	2,219	+	Artan
8820	Belen	0,935	0	Trend Yok
8541	Hassa	-0,128	0	Trend Yok
8982	Şenköy	0,348	0	Trend Yok
8414	Erzurum-Yeşilkent	0,000	0	Trend Yok

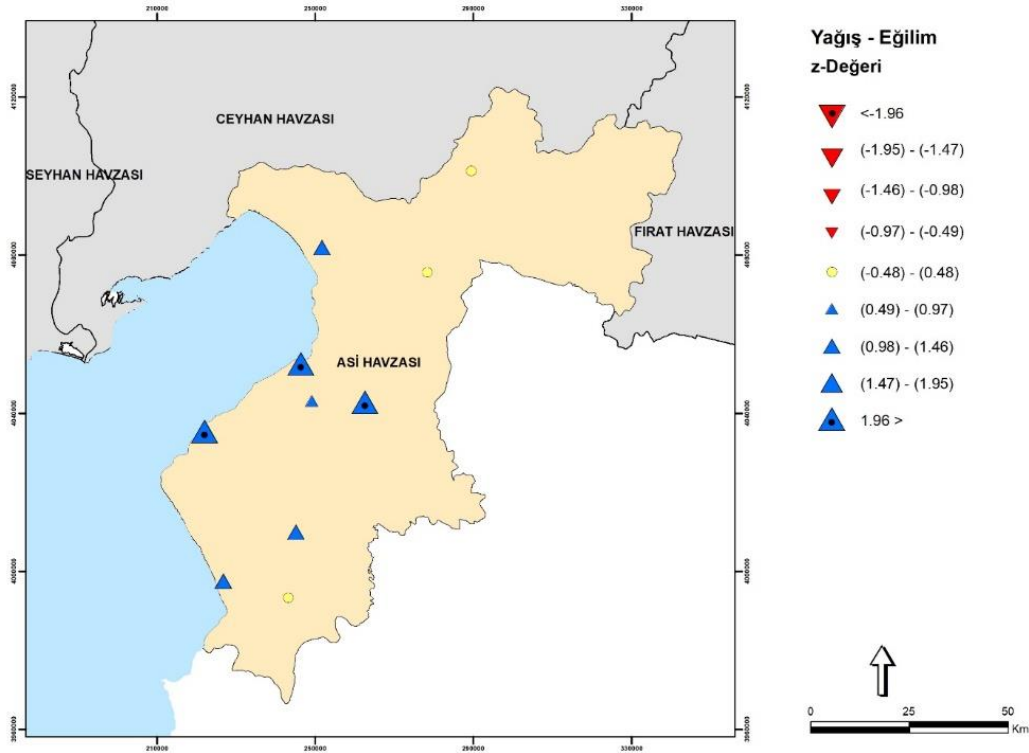
Tablo 5 ile verilen sonuçlara göre yıllık toplam yağışlar için yapılan eğilim analizinde İskenderun, Kırıkhan ve Arsuz istasyonları dışında hiçbir istasyonda %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı eğilim gözlenmemektedir. İskenderun, Kırıkhan ve Arsuz istasyonlarında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ve artan eğilim gözlenmiştir. Asi Havzası yıllık toplam yağışları için alt havza bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo 6 üzerinde özetlenmiştir.

Tablo 6: Asi havzası alt havza bazlı yıllık toplam yağışların eğilim analizi sonuçları

Havza No	Havza/Alt Havza Adı	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde Değeri	$-1,96 < z < 1,96$	Eğilim
19-1	Yukarı Küçük Asi Alt Havzası	0,972	0	Trend Yok
19-2	Aşağı Küçük Asi Alt Havzası	1,816	0	Trend Yok
19-3	Büyük Asi Alt Havzası	-0,844	0	Trend Yok
19-4	Akdeniz Alt Havzası	1,467	0	Trend Yok
<b>19</b>	<b>ASİ HAVZASI</b>	<b>1,596</b>	<b>0</b>	<b>Trend Yok</b>

Havza bazlı eğilim analizi için, Gaziantep, Kilis, Bahçe, Ceyhan, Osmaniye, Yumurtalık 'ta bulunan 6 adet komşu havza istasyonlarının verileri de kullanılmıştır. MGİ verileri için PRISM yöntemiyle boşluklar doldurulup ArcGIS programı yardımı ile her alt havza için alansallaştırma yapılmıştır.

Tablo ile verilen sonuçlara göre alt havzalarda yıllık toplam yağışlar için yapılan eğilim analizinde hiçbir alt havzada %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı eğilim gözlenmemektedir. Asi Havzası genelinde de bu güven düzeyinde anlamlı bir trend görülmemektedir. Ancak havza geneli için çizilen zaman serisine bakıldığında bu güven düzeyinde anlamlı olmasa da bir artma olduğu görülmektedir. İstasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil ile verilmektedir. İstasyon bazlı analizlerde özellikle ova şeklindeki arazilerin deniz kıyısına yakın bölümlerinde yağışların artan bir eğilim göstermesi havzanın tamamını temsil etmemektedir. Bu istasyonların konumu itibari ile İskenderun , Kırıkhan ve Arsuz'da yağışların artan bir eğilim göstermesi yerel bir durum ile izah edilebilir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir.



Şekil 7: Asi havzası yıllık toplam yağışlar eğilim analizi haritası

**Sıcaklık eğilimleri:** Asi Havzasındaki MGI'lerin yıllık ortalama sıcaklıkları için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Asi Havzası yıllık ortalama sıcaklıkları için istasyon bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo üzerinde özetlenmiştir.

Tablo7: Asi havzası istasyon bazlı yıllık ortalama sıcaklıkların eğilim analizi sonuçları

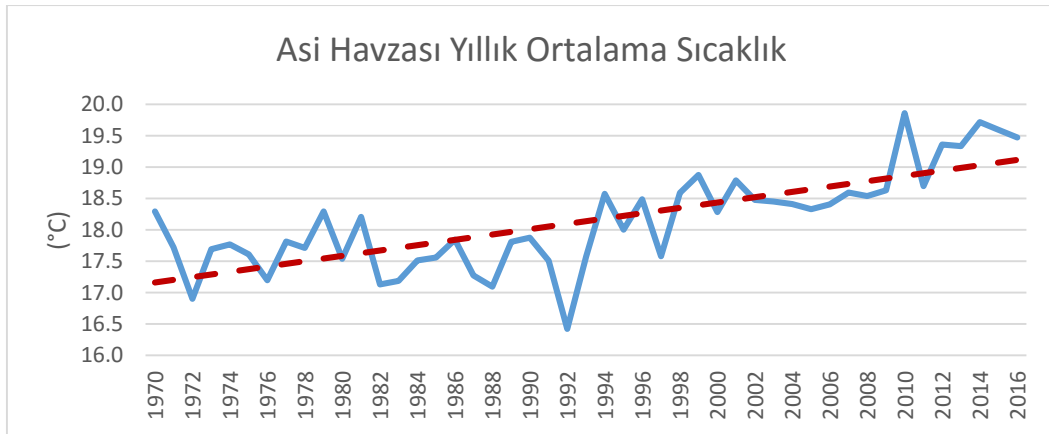
İstasyon No	İstasyon Adı	Rakım	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde z Değeri	-1,96< z < 1,96	Eğilim
17372	Antakya	100	4,870	+	Artan
17962	Dört Yol	28	5,328	+	Artan
17370	İskenderun	4	4,879	+	Artan
17964	İslahiye	518	5,080	+	Artan
8822	Kırıkhan	190	2,806	+	Artan
17986	Samandağ	4	4,429	+	Artan
8860	Arsuz	10	2,540	+	Artan
8820	Belen	700	3,246	+	Artan
8541	Hassa	460	5,631	+	Artan
8982	Şenköy	550	4,118	+	Artan
8414	Yeşilkent	122	6,355	+	Artan

Tablo ile verilen sonuçlara göre yıllık ortalama sıcaklık için yapılan eğilim analizinde tüm istasyonlarda %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve artan bir eğilim gözlenmiştir. Asi Havzası yıllık ortalama sıcaklıkları için alt havza bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo üzerinde özetlenmiştir.

Tablo 8: Asi havzası alt havza bazlı yıllık ortalama sıcaklıkların eğilim analizi sonuçları

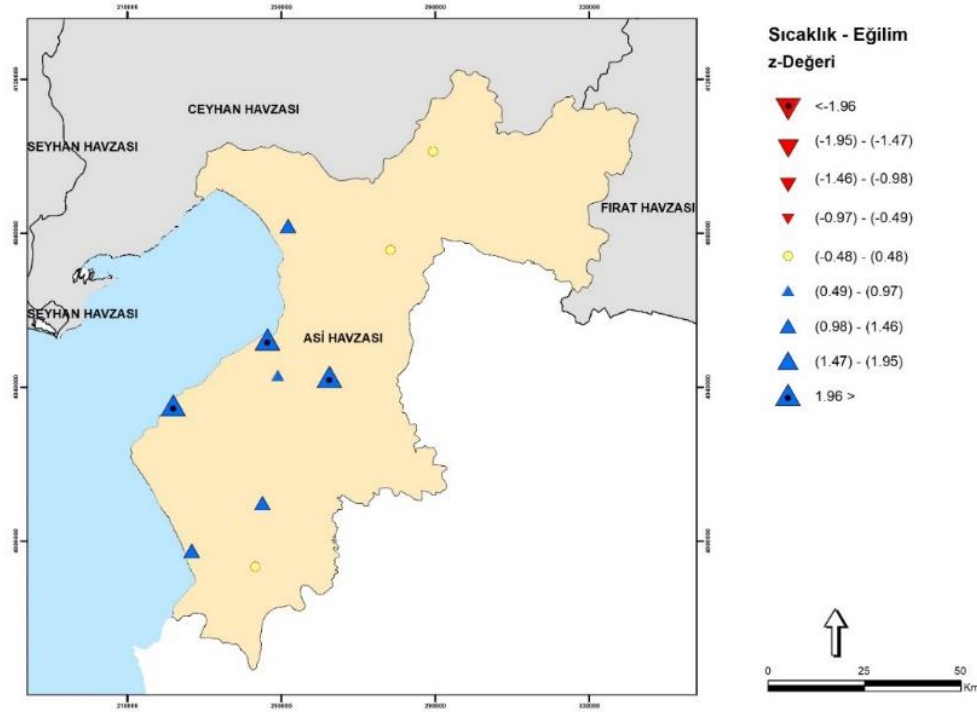
Havza No	Havza/Alt havza adı	$\alpha=0,05$ Anlamlılık düzeyinde z değeri	-1,96< z < 1,96	Eğilim
19-1	Yukarı Küçük Asi Alt Havzası	6,016	+	Artan
19-2	Aşağı Küçük Asi Alt Havzası	4,787	+	Artan
19-3	Büyük Asi Alt Havzası	5,319	+	Artan
19-4	Akdeniz Alt Havzası	5,631	+	Artan
<b>19</b>	<b>Asi Havzası</b>	<b>5,429</b>	<b>+</b>	<b>Artan</b>

Tablo ile sunulan sonuçlara göre Asi Havzası'nın bütün alt havzalarında yıllık ortalama sıcaklık değerleri %95 güven düzeyinde anlamlı ve artan bir eğilim göstermiştir. Havza geneli için yıllık ortalama sıcaklıkların zaman serisi çizildiğinde de sıcaklıklardaki artış net bir şekilde görülmektedir (Şekil ).



Şekil 8: Asi havzası yıllık ortalama sıcaklıklar zaman serisi

İstasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil ile verilmektedir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir. Hem istasyon bazlı hem de havza bazlı yapılan değerlendirmelerde sıcaklık değerlerinin artan bir eğilimde olduğu açıktır.



Şekil 9: Asi havzası yıllık ortalama sıcaklıklar eğilim analizi haritası

**Buharlaşma eğilimleri:** Asi Havzasındaki MGI'lerin yıllık toplam buharlaşma değerleri için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Asi Havzası yıllık toplam buharlaşma değerleri için istasyon bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları

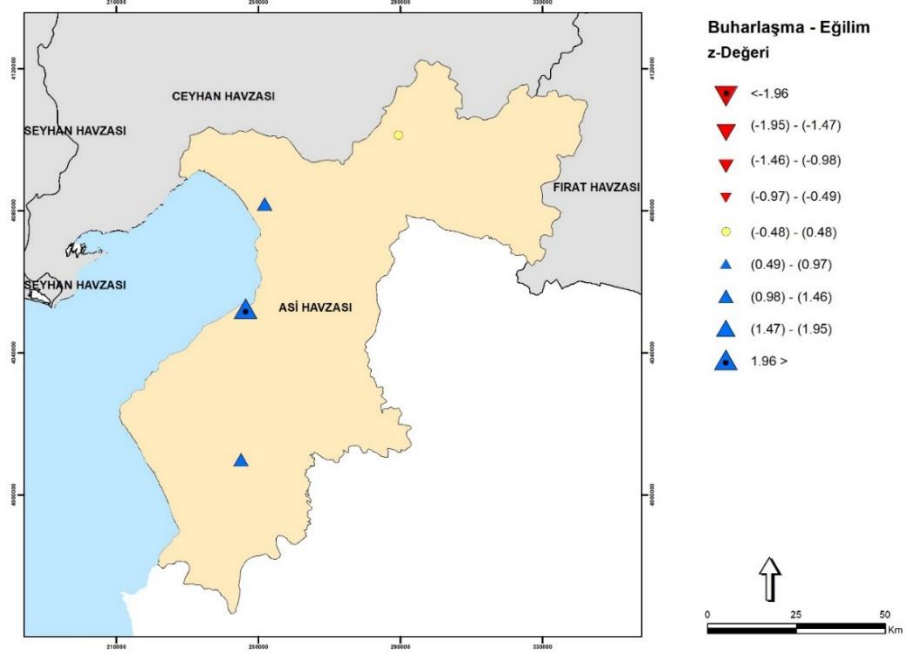
Tablo üzerinde özetlenmiştir.

Tablo 9: Asi havzası istasyon bazlı yıllık toplam buharlaşma eğilim analizi sonuçları

İstasyon No	İstasyon adı	Rakım	$\alpha=0,05$ Anlamlılık düzeyinde z değeri	-1,96<z<1,96	Eğilim
17372	Hatay	100	-2,494	-	Azalan
17962	Dört Yol	28	1,623	0	Trend Yok
17964	İslahiye	518	4,347	+	Artan
17370	İskenderun	4	2,311	+	Artan

Tablo ile verilen sonuçlara göre yıllık toplam buharlaşmalar için yapılan eğilim analizinde Dört Yol istasyonunda %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim gözlenmemektedir. İslahiye ve İskenderun istasyonlarında istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ve artan eğilim gözlenirken Hatay istasyonunda bu güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve azalan bir eğilim görülmüştür. Buharlaşma ölçümü yapılan istasyon sayısının az olması havza bazlı bir eğilim analizi yapılmasına imkân vermemiştir. Mevcut istasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil ile verilmektedir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir.





Şekil 10: Asi havzası yıllık toplam buharlaşma eğilim analizi haritası

### 3.1.2. Hidrolojik eğilim analizleri

Hidrolojik eğilim analizleri AGİ'lerde 1970–2015 yıllarında gözlenen yıllık toplam doğal akımlar için gerçekleştirilmiştir.

**Akım eğilimleri:** Asi Havzasındaki AGİ'lerin yıllık toplam doğal akımları için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Asi Havzası yıllık toplam doğal akımları için istasyon bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo ile gösterilmiştir.

Tablo 10: Asi havzası yıllık doğal akımları AGİ bazlı eğilim analizi sonuçları

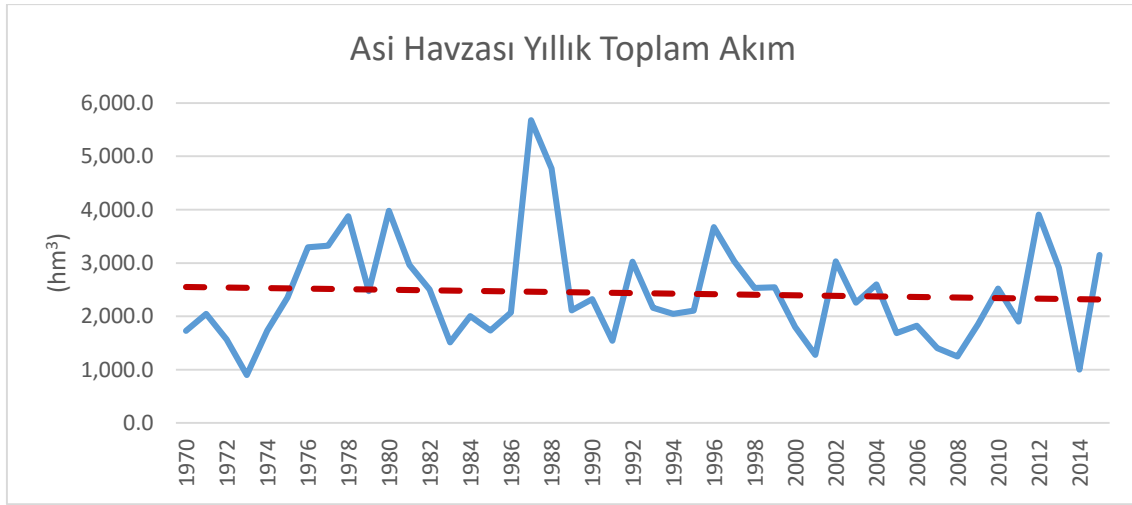
İstasyon No	Akarsu Adı	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	$\alpha=0,05$ Anlamlılık düzeyinde z değeri	-1,96<z<1,96	Eğilim
E19A005	Karasu	1.768,0	-0,473	0	Trend Yok
E19A006	Afrin Deresi	2.764,4	-2,519	-	Azalan
E19A007	Asi Nehri	16.170,0	-5,738	-	Azalan
E19A008	Asi Nehri	22.624,4	-3,219	-	Azalan
D19A006	Afrin S.	601,0	-1,420	0	Trend Yok
D19A008	Emen A.K.-Örtülü	1.000,0	-0,757	0	Trend Yok
D19A009	Asi Nehri	23.205,0	-2,859	-	Azalan
D19A012	Tahtaköprü Brj.	501,0	-0,057	0	Trend Yok
D19A014	Deliçay	161,5	0,000	0	Trend Yok
D19A016	Gönen Çayı	94,0	-0,776	0	Trend Yok
D19A017	Kureyşi D.	67,3	1,307	0	Trend Yok
D19A019	Sabun Suyu	276,0	-0,833	0	Trend Yok
D19A020	Hüyük Dere	35,0	0,379	0	Trend Yok
D19A021	Avcılar Suyu	27,0	1,212	0	Trend Yok
D19A022	Beyköy Suyu	23,0	0,284	0	Trend Yok
D19A023	H.Ahmetli Dere	43,0	0,133	0	Trend Yok
D19A026	Küçük Asi N.	6.244,4	-0,776	0	Trend Yok
D19A029	Büyük Karaçay	107,8	1,799	0	Trend Yok

Tabloda 10'da görülen sonuçlara göre yıllık toplam doğal akımlar için yapılan eğilim analizinde E19A006, E19A007, E19A008 ve D19A009 nolu AGİ'lerde %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve azalan eğilimler görülmüştür. Diğer istasyonlarda ise bu güven düzeyinde anlamlı bir eğilim görülmemiştir. Asi Havzası yıllık toplam doğal akımları için alt havza bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo ile gösterilmiştir.

Tablo 11: Asi havzası yıllık doğal akımları alt havza bazlı eğilim analizi sonuçları

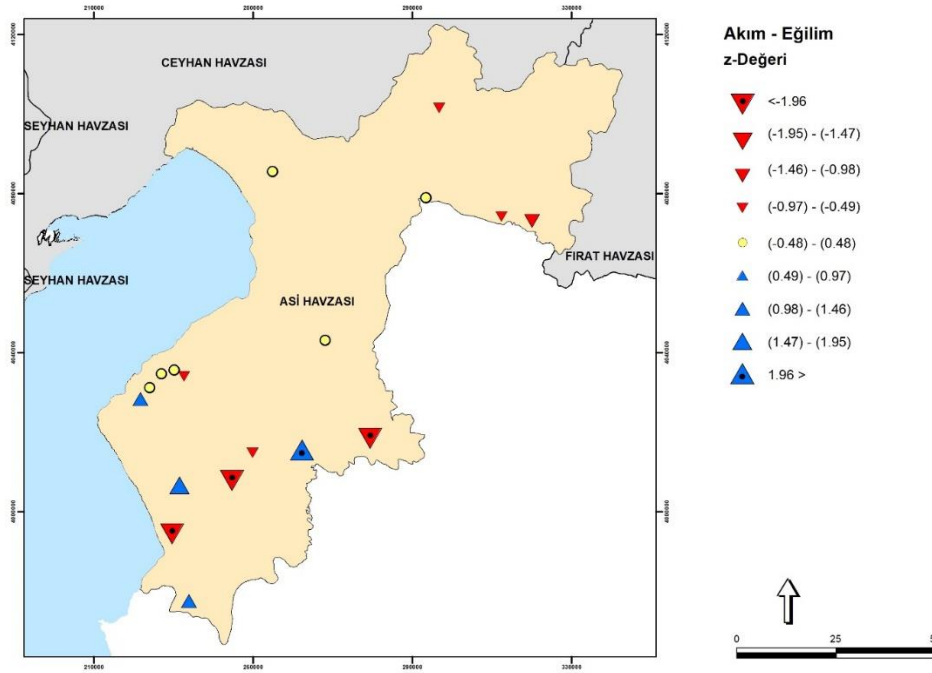
Havza No	Havza/Alt Havza Adı	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde z Değeri	$-1,96 < z < 1,96$	Eğilim
19-1	Yukarı Küçük Asi Alt Havzası	2.069,0	-0,852	0	Trend Yok
19-2	Aşağı Küçük Asi Alt Havzası	1.875,0	-0,473	0	Trend Yok
19-3	Büyük Asi Alt Havzası	1.947,0	-0,473	0	Trend Yok
19-4	Akdeniz Alt Havzası	2.116,0	0,303	0	Trend Yok
<b>19</b>	<b>ASİ HAVZASI</b>	<b>8.007,0</b>	<b>-0,133</b>	<b>0</b>	Trend Yok

Tablo ile verilen sonuçlara göre Asi Havzası'nın hiçbir alt havzasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilim görülmemiştir. Akımların sadece Asi nehri üzerindeki AGİ'lerde azalan bir trend göstermesinin nedeninin, nehirin üst havzasında Suriye sınırlarındaki 4 barajın suyu tutması ve akarsu debisinin sulamada kullanılması olabilir. Havza bazlı analizde akımlarda bir azalmanın olmadığı görülmektedir. Afrin deresindeki akım azalmasının yapılmakta olan Yukarı Afrin Baraj inşaatı sebebiyle yapılan derivasyonlardan kaynaklanma ihtimali yüksektir. Ancak yine de yıllık toplam akımların zaman serisi çizildiğinde, bu güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da bir azalma olduğu görülmektedir ( Şekil ).



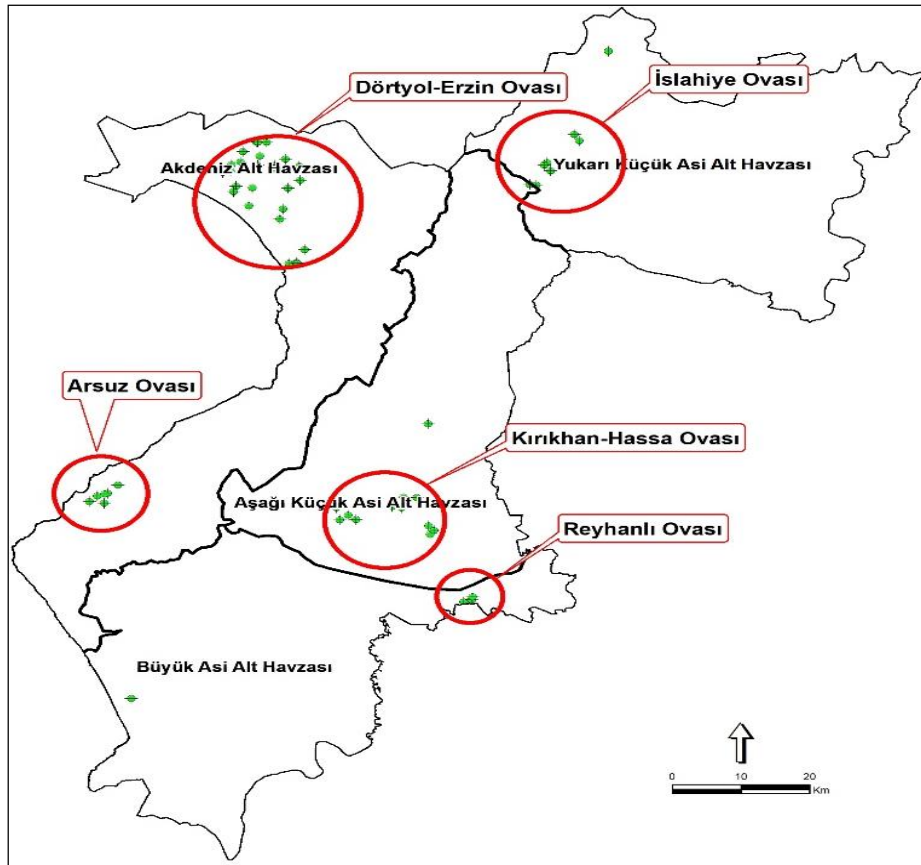
Şekil 11: Asi havzası yıllık toplam akımlar zaman serisi

İstasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil ile verilmektedir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir.



Şekil 12: Asi havzası yıllık toplam akımlar eğilim analizi haritası

**Yeraltı suyu eğilim analizleri:** Asi havzası rasat kuyularının kolasyon haritası Şekil 13 'te verilmiştir. Asi Havzasında yer altı suyu kuyuları için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Asi Havzası'ndaki rasat kuyularında ölçüm periyodu aylık olup, aylık yer altı suyu kuyu zaman serileri için kuyu bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi yapılmış ve sonuçları Tablo üzerinde özetlenmiştir.



Şekil 13: Asi havzası rasat kuyuları lokasyon haritası (SYGM 2018)

Tablo 12: Asi havzası yeraltı suları kuyu bazlı eğilim analizi sonuçları

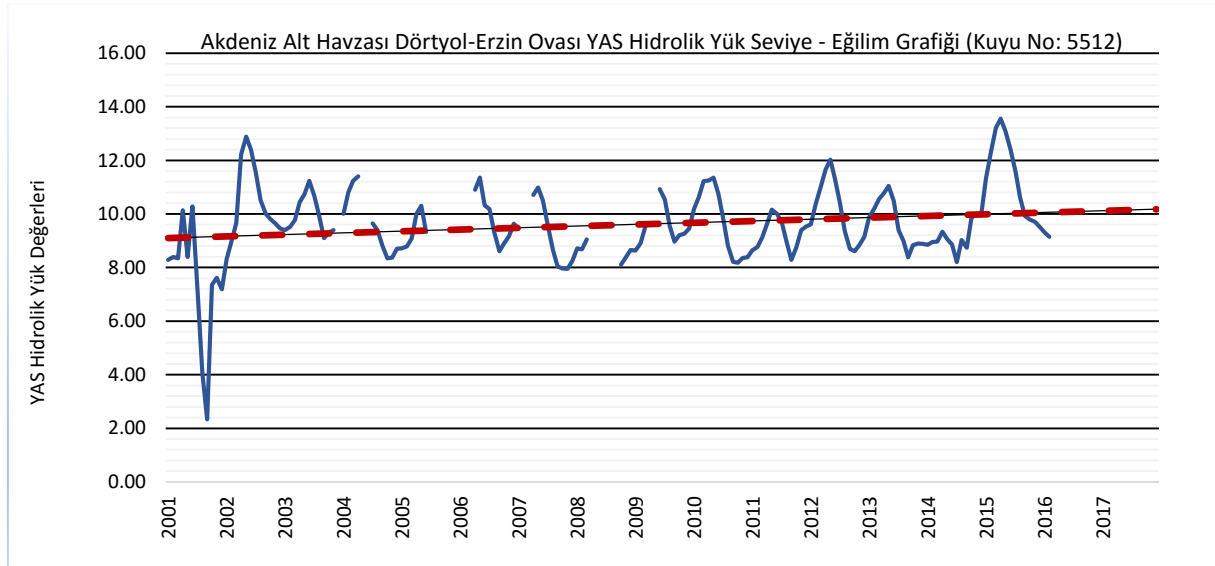
Kuyu No	Kuyu Yeri/Alt Havzası	Ölçüm Aralığı	Ölçüm Periyodu	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde z Değeri	$-1,96 < z < 1,96$	Eğilim
5512	Dörtöyl-Erzin	2001-2017	Aylık	-2,081	-	Azalan
10436	Dörtöyl-Erzin	1976-2016	Aylık	-1,212	0	Trend Yok
5968	Arsuz	2001-2016	Aylık	0,495	0	Trend Yok
474	Kırıkhan-Hassa	1994-2017	Aylık	0,571	0	Trend Yok
41846/B	Islahiye	1992-2016	Aylık	-1,240	0	Trend Yok
15768	Refahiye	1973-2016	Aylık	-7,151	-	Azalan

Tablo üzerinde gözüken sonuçlara göre yıllık yer altı suyu zaman serileri için yapılan eğilim analizinde iki kuyuda istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan bir eğilim gözlenmiş olup diğer kuyular için belirgin bir eğilimin olmadığı görülmüştür. 5 farklı bölge olarak incelenen Asi Havzasında genel olarak yeraltı suyu düşümlerinin Seyhan ve Ceyhan havzaları rasat kuyuları kadar yüksek trendde olmadığı görülmüştür. Özellikle denize kıyısı olan ovalarda; Dörtöyl-Erzin, Arsuz ovalarında Amanosların beslenme etkisinin güçlü olması nedeni ile bu bölgelerde ciddi düşümler gözlenmemiştir (

Şekil ). Asi Havzasında en geniş alüvyon düzlüğüne sahip Kırıkhan-Hassa ovasına ait rasat kuyusunda ise genel trend artış olarak gözüksede 2013 yılından sonra seviyelerin azalma eğiliminde olduğu izlenmiştir (

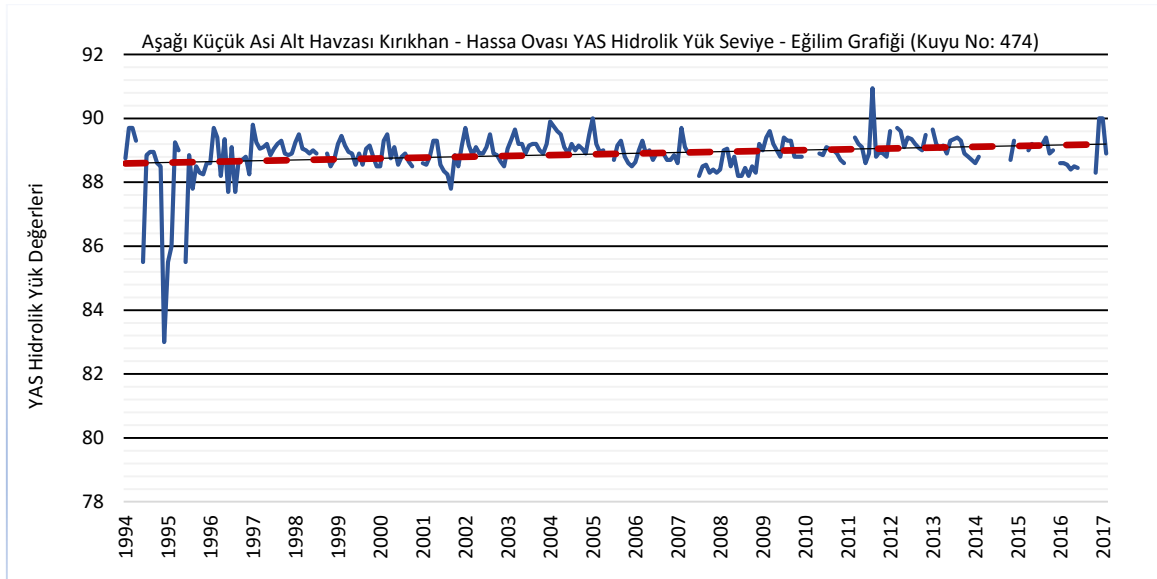
Şekil ). Asi Havzasında yeraltı suyu seviyelerinde (YAS) düşüm trendine sahip olan tek ova Reyhanlı ovası olup bu bölge için seçilmiş olan DSİ rasat kuyusu verilerine göre 2000'li yıllardan sonra yeraltı suyu seviyelerinde düşümler izlenmiştir (

Şekil ). Bu bölgenin havzanın en güney ucunda olması, yeraltı suyu beslenme alanlarının sınırlı olması nedeni bu bölge iklimsel ve hidrojeolojik koşullar altında yeraltı suyu miktarı bakımından baskı altındadır. Buna ek olarak kuyu çekimlerinin de artış göstermesi bu düşümleri daha da arttırmıştır. Sonuç olarak Asi Havzası içinde farklı lokasyonlarda bulunan ovaların yağış, akifer özellikleri, yeraltı suyu kullanımları ve morfolojik yapıları farklı olduğundan bu ovalar içinde yer alan rasat kuyularının yeraltı suyu hidrolik yük seviye eğilimleri de farklılıklar göstermektedir.

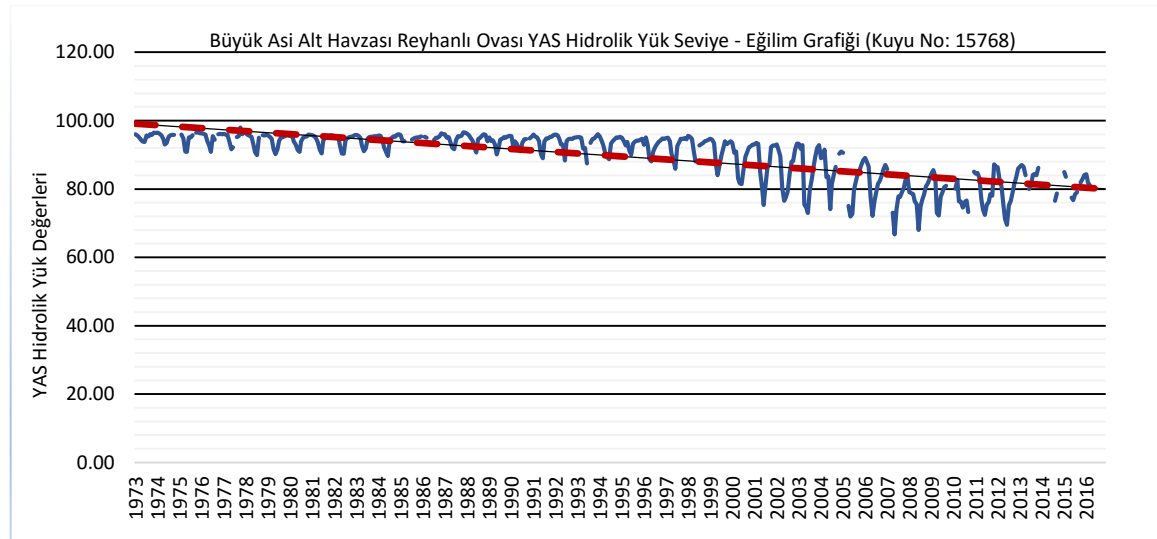


Şekil 14: Akdeniz alt havzası Dörtöyl-Erzin ovası 5512 nolu kuyu YAS hidrolik yük seviye zaman serisi



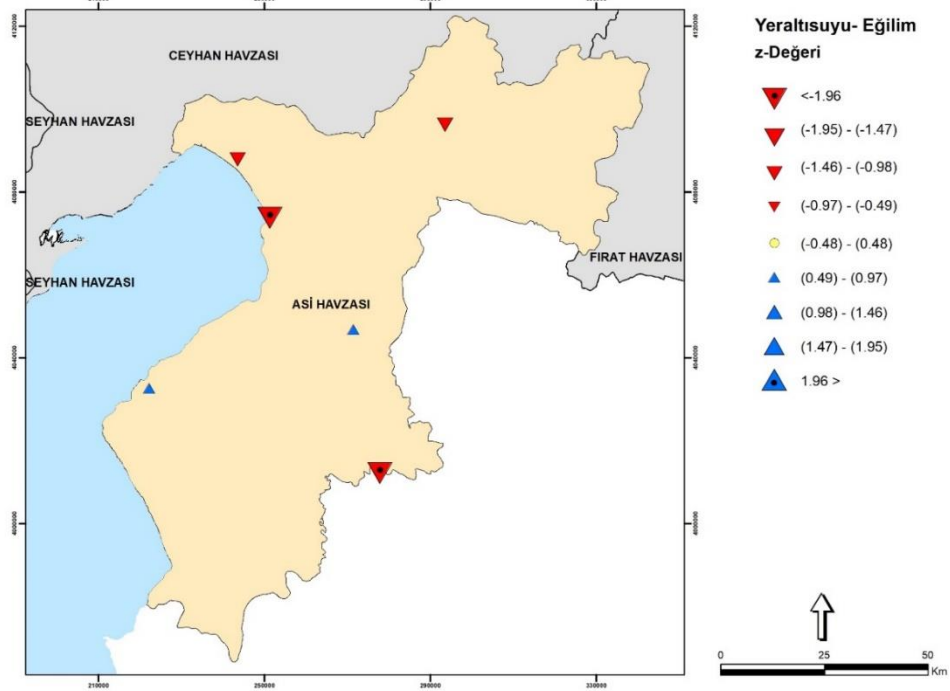


Şekil 15: Aşağı küçük Asi alt havzası Kırıkhan-Hassa ovası YAS hidrolik yük seviye zaman serisi



Şekil 16: Büyük Asi alt havzası Reyhanlı ovası YAS hidrolik yük seviye zaman serisi

İstasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil ile verilmektedir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir.



Şekil 17: Asi Havzası yeraltı suyu eğilim analizi haritası

#### 4. Değerlendirme

Öncelikle havzada bulunan meteoroloji ve akım gözlem istasyonlarından uygun olanları belirlenmiş ve eksik verileri tamamlanmıştır. İstasyonlara ait zaman serilerindeki değişimin tespit edilmesi amacıyla eğilim analizleri yapılmıştır. MGİ verileri için PRISM yöntemiyle boşluklar doldurulup, ArcGIS programı yardımı ile alansallaştırma yapılmıştır. Havza ve alt havza bazında da zaman serileri oluşturularak Mann-Kendall eğilim analizleri yapılmıştır. İstasyon bazlı analiz noktasal bir değer verirken havza bazlı trend analizinin daha gerçekçi bir sonuç vermesi beklenir. Özellikle iklim olarak homojenlik göstermeyen havzalarda veya havza alanının büyük olması durumunda alan bazlı analiz yapılması daha doğrudur. Havza bazlı verilerin alansallaştırılarak, çevre havzalarındaki istasyonlardan da enterpolasyon yardımıyla elde edilen verilerin kullanılması; bilimsel bir üstünlük olarak anılabilir. İstasyonlar eğer konumsal olarak doğru kurulmadıysa, tüm havzayı temsil etmekten uzak olabilir veya havzanın ortalamasını değiştiren bir konumda olabilir. Kuraklığın sağlıklı analizi için hem veri boşluklarının tamamlanması hem de verilerin alansallaştırılması gereklidir.

Havza için daha önce yapılan kuraklık analizleri de bu çalışmaya paralel olarak; yavaş seyreden bir kuraklığın olduğunu göstermektedir. Akbaş (2004), 1972- 1974 dönemi, 1989 yılı, 1991 yılı, 2001 yılı, 2007- 2008 dönemlerinin Asi Havzası'nda kurak koşulların gözlemlendiğini tespit etmiştir. Özdemir ve Erkuş (2017), 1991, 2001 ve 2007-2008 yıllarında kuraklık olduğunu gözlemlemiştir. Önceki çalışmalarda tespit edilen kuraklık yıllarında, havza sıcaklık ortalamasının arttığı akımların azaldığı, yeraltı suyu seviyesinin azaldığı, deniz kıyısındaki 3 ova bölgesi hariç yağışlarda bir trendin olmadığı görülmektedir. Toplam yağışlarda, sıcaklık ve akımlara paralel olarak bir azalmanın olması beklenirken, deniz kıyısı konumu ve bölgesel bitki örtüsünün; toplam yağışların çok fazla azalmasına engel olduğu tahmin edilmektedir. Aksine havzada yağışlarda bir artmadan söz edebiliriz. Buharlaşma için anlamlı bir trendden söz etmek güçtür.

Bu analizlerin sonucunda Asi Havzası genelinde yıllık toplam yağışlarda %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da bir artış eğilimi olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklıklarda hem alt havza hem havza bazlı bariz bir artış eğilimi görülmüştür. Buharlaşma ölçümü yapan istasyon sayısının yetersiz olması nedeniyle alansal değerlendirme yapılamamış olup istasyon bazlı yapılan değerlendirmede istasyonların bazılarında artış bazılarında azalış tespit edilmiştir. Akımların doğal akım olarak analizlerde değerlendirilmesi önemlidir. Müdahalesiz (doğal) akımların elde edilmesi amacıyla yapılan hesaplamalarda; elde edilebilen tüm tüketim verileri, derive edilen sular ve rezervuarların depolamasındaki değişim değerleri mansabında bulunan akım gözlem istasyonlarına (AGİ) ait akım değerlerine ilave edilerek ve dönen sular düşülerek AGİ akımları doğal hale getirilmiştir. Asi Havzası akım serisine yapılan eğilim analizi sonucunda akımlarda %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da bir azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Yeraltı suyu kuyu seviye değerlerinde de benzer bir azalma olduğu görülmüştür. Tüm bu eğilimlerin gösterdiği sonuç; havzada bariz bir kuraklık trendinin olduğu, ancak yavaş seyrettiği, gelecek yıllara dönük planlı bir kuraklık yönetiminin yapılması gerekliliğidir. Dünyanın iklim değişikliğine olan duyarlılığının Avrupa ülkeleri ile sınırlı kalmasının yanında, ülkemizin özellikle son dönemde

orman ve su çalışmaları bakımından gözle görülür bir olumlu trende girmesi önemlidir. İklim değişikliği ve kuraklık tedbirleri konusunda henüz planlama ve risk yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar yetersizdir. Kuraklığa karşı karar vericilerin planlı bir yönetiminin yanısıra; toplumun tasarrufu ve bilinçli tüketimi benimsemesi amacıyla yapılan farkındalık çalışmaları da son derece önemli bir adım olacaktır.

## Teşekkür

Bu çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün verileri paylaşmasından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

## Kaynaklar

- Akbaş A., (2014), *Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar*, Coğrafi Bilimler Dergisi 12(2), 101-118.
- Bayazit M., (1996), *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, Sayı: 1573, İstanbul, 245ss.
- Daly C., Halbleib M., Smith J.I., Gibson W.P., Doggett M.K., Taylor G.H., Curtis J., Pasteris P.P., (2008), *Physiographically Sensitive Mapping of Climatological Temperature and Precipitation Across The Conterminous United States*, Journal of Climatology, 28(15), 2031-2064.
- EC, (2007), *Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*, European Commission General Directorate of Environment, [http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/dmp_report.pdf), [Erişim 11 Nisan 2018].
- GWP, (2015), *Guidelines for the preparation of Drought Management Plans. Development and implementation in the context of the EU Water Framework Directive*, Global Water Partnership Central and Easter Europe, [http://www.droughtmanagement.info/literature/GWPCEE\\_Guidelines\\_Preparation\\_Drought\\_Management\\_Plans\\_2015.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/GWPCEE_Guidelines_Preparation_Drought_Management_Plans_2015.pdf), [Erişim 24 Mayıs 2018].
- Helsel D.R., Hirsch R.M., (1992), *Statistical Methods in Water Resources*, Elsevier, 522ss.
- IPCC, (2013), *Fifth Assessment Report (AR5)*, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>, [Erişim 11 Nisan 2018].
- Kendall M., (1975), *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London, 272ss.
- Mann H., (1945), *Non-parametric tests against trend*, Econometrica, 13, 163-171.
- MGM, (2018), Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.mgm.gov.tr>, [Erişim 11 Nisan 2018].
- Özdemir A.D., Erkuş M.K., (2017), *Havza Bazında Hidrolojik Kuraklık Analizi*, IX Ulusal Hidroloji Kongresi, Dicle Üniversitesi, 04-06 Ekim, Diyarbakır.
- Partal T., Kahya E., (2006), *Trend Analysis in Turkish Precipitation Data*, Hydrological Processes, 20, 2011-2026.
- SYGM, (2018), Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, <http://www.suyonetimi.ormansu.gov.tr>, [Erişim 24 Mayıs 2018].
- van den Besselaar E.J.M., Haylock M.R., van der Schrier G., Klein Tank A.M.G., (2011), *A European Daily High-Resolution Observational Gridded Data Set of Sea Level Pressure*, Journal Geophysical Research, 116(D11), 1-11.
- Wilhite D. A., (2000), *Droughts: A Global Assesment (Hazards and Disasters)*, Vol. II, Routledge, New York, USA, 752ss.
- Wilhite D.A., Sivakumar M., Pulwarty R., (2014), *Managing drought risk in a changing climate: the role of National Drought Policy*, Weather and Climate Extremes, 3, 4-13.
- WMO, (2016), *Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs)*, Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2, Geneva, [http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP\\_Handbook\\_of\\_Drought\\_Indicators\\_and\\_Indices\\_2016.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf), [Erişim 24 Mayıs 2018].
- Turan E.S., (2018), *Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(1), 63-69.
- UNDP, (2016), *Drought Risk Management*, United Nations Development Program, New York, USA. <http://www.pk.undp.org/content/dam/pakistan/docs/CPRU/Disaster%20Risk%20Management/Drought-Risk-Asst-Balochistan-Nov%202015-lowres.pdf> [Erişim 24 Mayıs 2018].
- Yue S., Pilon P., Cavadias G., (2002), *Power of The Mann-Kendall And Spearman's Rho Tests For Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series*, Journal of Hydrology, 259, 254-271.
- Zhang X., Harvey K.D., Hogg W.D., Yuzyk T.R., (2001), *Trends in Canadian Streamflow*, Water Resources Research, 37(4), 987-998.
- Gümüş V., (2017), *Akım Kuraklık İndeksi ile Asi Havzasının Hidrolojik Kuraklık Analizi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Part C, 5(1), 65-73.